

ESTUDO DE INUNDAÇÕES URBANAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAIBUNA – ESTUDO DE CASO: CÓRREGO YUNG EM JUIZ DE FORA

Mariana Ribeiro de Lima Brandão¹

Celso Bandeira de Melo Ribeiro²

RESUMO

Nos últimos anos, devido ao processo de urbanização acelerada das cidades, o problema das enchentes urbanas tem atingido inúmeras cidades no Brasil. Essas enchentes prejudicam o desenvolvimento das cidades e assustam os moradores. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo desenvolver estudos de mapeamento de áreas de risco de inundação, visando contribuir para o processo de planejamento urbano e gerenciamento dos recursos hídricos na região hidrográfica do rio Paraibuna. Foram realizadas simulações hidráulicas e hidrológicas utilizando programas como Hec-Ras, Hec-GeoRas e ArcGis, para mapear as regiões de risco de alagamento, no âmbito da Bacia do Córrego Yung, sub-bacia da Bacia do Rio Paraibuna, que se localiza no município de Juiz de Fora, visando auxiliar o planejamento da cidade. A preparação da base de dados georreferenciados foi realizada utilizando o programa Google Earth e dados de elevação do sensor “Lidar”, disponibilizados pela Prefeitura de Juiz de Fora. Como resultados foram obtidas manchas de alagamento ao longo do curso do córrego Yung, para diferentes cenários de vazões. Verificou-se a maior intensidade e abrangência das áreas de alagamento no terço superior da bacia e menor intensidade no terço médio, o que historicamente é comprovado pelas recorrentes enchentes na região do bairro Linhares.

Palavras-chave: Inundações urbanas. Modelagem hidrológica. Modelagem hidráulica.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, inúmeras cidades são prejudicadas pelas enchentes. Muitas das vezes estas cidades ainda estão se reerguendo quando a época de cheias retorna e tudo é levado, outra vez, pela força da água.

1 Bolsista do Programa BIC/UFJF.

2 Professor orientador; Faculdade de Engenharia - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. celso.bandeira@ufjf.edu.br

As enchentes urbanas se caracterizam pelo extravasamento do leito dos rios e constitui-se num evento natural, que pode ser agravado pela ocupação irregular e inadequada das suas margens, provocando impactos sobre a sociedade em diversos aspectos.

Segundo Tucci (2007), em muitas regiões onde ocorre o extravasamento das águas fluviais, as áreas ribeirinhas são constantemente habitadas por população de baixa renda, sem que haja qualquer intervenção do poder público.

Valente (2009) destaca que “*se não houver condições econômicas e sociais para a retirada das ocupações existentes em tais áreas (margens dos rios), pelo menos os Planos Diretores deverão prever que novos empreendimentos sejam proibidos de ocupá-las*”, ou seja, mapear áreas de risco de inundação antes ou depois destas serem ocupadas, tal como este trabalho se dispõe a fazer, significa proteger a população e evitar danos não só econômicos e sociais como também prejuízos ambientais.

Portanto, prever o local e a magnitude de um evento de inundação se torna um grande passo para minimizar os seus efeitos.

Desta maneira, algumas ferramentas de simulação hidráulica e hidrológica, foco deste trabalho, apresentam grande potencial para prever os locais e a extensão de tais eventos para que novas construções não sejam realizadas em áreas de risco e construções antigas sejam adaptadas às condições ou até mesmo removidas do local.

Diante do exposto, pretende-se desenvolver neste trabalho o mapeamento de manchas de alagamento na bacia hidrográfica do Córrego Yung, sub-bacia da bacia do Rio Paraibuna, na cidade de Juiz de fora, a partir do qual será possível prever qual área está suscetível e qual a extensão da enchente. Com essa ferramenta, pretende-se contribuir para o planejamento e minimização dos efeitos causados por esses eventos nesta região.

2. METODOLOGIA

2.1. ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho tem como área de estudo a bacia do Córrego Yung, sub-bacia da Bacia do Rio Paraibuna, afluente da margem esquerda do rio Paraibuna conforme mostra Figura 1. As características do relevo no interior da sub-bacia são apresentadas na Figura 1.

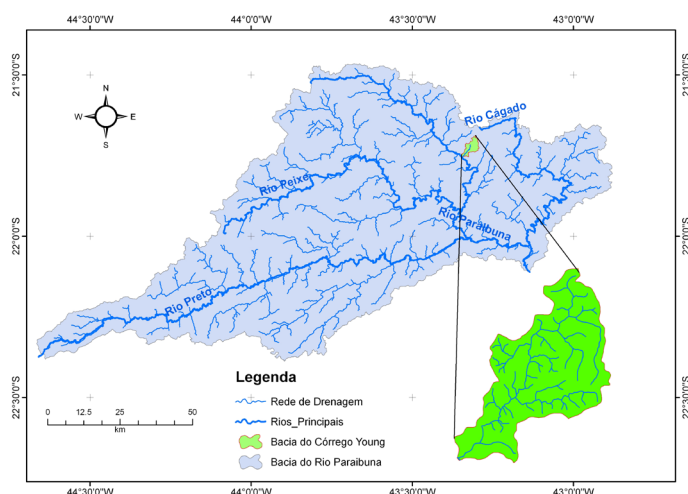


Fig. 1 - Localização da bacia do Córrego Yung em relação à bacia hidrográfica do Rio Paraibuna e as características de relevo.

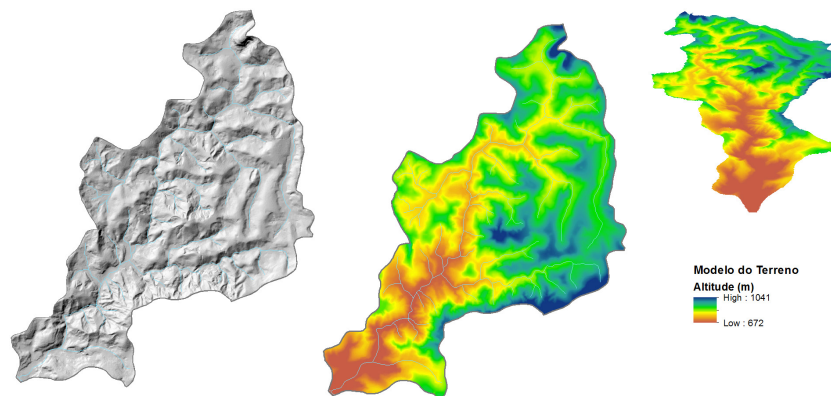


Fig. 1 (continuação) - Localização da bacia do Córrego Yung em relação à bacia hidrográfica do Rio Paraibuna e as características de relevo.

Com relação à divisão municipal, a bacia do Córrego Yung se localiza totalmente inserida no município de Juiz de Fora (MG) entre os bairros de Linhares e Vitorino Braga, conforme apresenta a Figura 2.

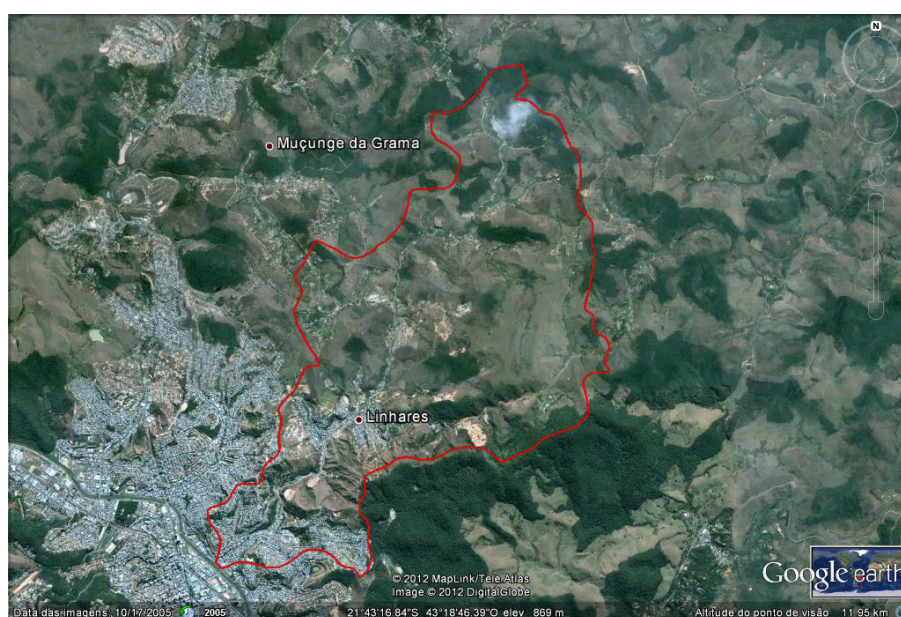


Fig. 2 – Limite da bacia do Córrego Yung.
Fonte: Google Earth

2.2. DIGITALIZAÇÃO NO GOOGLE EARTH

Primeiramente, o Córrego Yung (calha do rio e margens) foi digitalizado no Google Earth, em seguida convertidos para o formato shapefile, para possibilitar o trabalho no software ArcGis. Esta etapa permitiu uma análise bastante próxima à realidade da sinuosidade e abrangência dos cursos d'água, além de permitir uma visão geral da situação de ocupação urbana nos leitos dos rios. Com as próprias ferramentas do programa, foi possível digitalizar toda a extensão do rio de maneira detalhada, o que teve bastante importância no desenvolvimento do projeto.

2.3. PREPARAÇÃO DA BASE DE DADOS GEORREFERENCIADA NO *HEC-GEORAS*

Após a digitalização do curso d'água e das margens do córrego no Google Earth, estes foram convertidos do formato KMZ para o formato shapefile. Desta forma, o programa ArcGis pôde sobrepor os novos dados ao MDE (Modelo Digital de Elevação do Terreno).

Os shapes River (calha do córrego), Banks (margens do córrego), XSCutlines (seções transversais da calha do córrego) e Flowpaths (delimitação da planície de inundação) foram criados de acordo com uma série de requisitos do programa ArcGis e suas tabelas de atributos preenchidas automaticamente à medida que cada um foi sendo gerado.

2.4. PREPARAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA NO PROGRAMA *HEC-RAS* E GERAÇÃO DAS MANCHAS DE ALAGAMENTO

Após a criação dos 4 shapes: River, Banks, Flowpaths e XS Cutlines, os dados foram exportados para o formato Hec-Ras.

Como dados de entrada no Hec-Ras para a geração das manchas de alagamento são necessárias: seções transversais da calha do córrego, perfil longitudinal, a definição das condições de contorno e dos coeficientes de rugosidade de Manning, assim como os valores de vazão a serem escoados no trecho.

As seções transversais da calha do córrego e o perfil longitudinal foram exportados do Hec-GeoRas. Os Coeficientes de Manning utilizados foram $n=0,040$ para a margem esquerda do córrego, $n=0,030$ para a calha e $n=0,040$ para a margem direita do mesmo e a condição de contorno selecionada foi "Normal Depth". Nesta etapa foram definidos também os valores de vazão à jusante de cada trecho (Reis e Ribeiro, 2011). Foram considerados 4 períodos de retorno, ou seja, 4 intervalos de tempo estimados para que tal vazão seja atingida ou superada, 10, 50, 100 e 200 anos.

2.5. CÁLCULO DOS VALORES DE VAZÃO PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO

Foi utilizado o Método Racional Modificado para determinar os valores de vazão máxima, conforme apresentado a seguir.

$$Q_{\text{máx}} = 0,278.C.i_m.A.\phi \quad 1$$

Onde:

$Q_{\text{máx}}$ = vazão máxima na seção de interesse;

i_m = intensidade máxima de chuva (mm/h);

A = área de drenagem na seção de interesse (km²);

Φ = coeficiente de retardamento (adimensional). Este é um fator de correção em função da área, conforme mostrado na Equação 2 a seguir.

C = Coeficiente médio de escoamento superficial

$$\phi = 0,278 - 0,00034.A \quad 2$$

A) CÁLCULO DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL MÉDIO:

O Cálculo do Coeficiente de Escoamento Superficial Médio foi realizado através da caracterização do uso e ocupação do solo. Para esta bacia foi observado através do Google Earth 3 diferentes tipos de uso e ocupação do solo, como segue na Tabela I.

Tab. I – Valores de Coeficiente de Escoamento Superficial de acordo com o uso e ocupação do solo.

Classificação do uso e ocupação do solo	Área (km ²)	Coeficiente de Escoamento Superficial
Área Urbana	4.822	0.75
Área de Floresta	2.448	0.25
Área de Pasto	12.131	0.25

A partir de tais valores, foi obtido o valor do Coeficiente Médio de Escoamento Superficial, de acordo com a Equação 3.

$$C_{méd} = (A_u.C_u + A_f.C_f + A_p.C_p)/A_t \quad 3$$

Onde:

$C_{méd}$ = Coeficiente Médio de Escoamento

A_u = Área Urbana

C_u = Coeficiente de Escoamento para a Área urbana

A_f = Área de Florestas

C_f = Coeficiente de Escoamento para a Área de florestas

A_p = Área de Pasto

C_p = Coeficiente de Escoamento para a Área de Pasto

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. VALORES DE VAZÃO PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO

Substituindo o tempo de concentração e os respectivos períodos de retorno foram determinados 4 diferentes valores de intensidade máxima de chuva, um valor para cada período de retorno, como segue na Tabela II.

Tab. II – Valores de Intensidade Máxima de Chuva calculados para 4 diferentes períodos de retorno.

Tempo de Retorno (Anos)	Intensidade Máxima de Chuva (mm/h)
10	42.879
50	56.645
100	63.862
200	71.999

3.2. VALORES DE VAZÃO PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO

Substituindo a área da seção, na Equação 2 foi possível chegar ao valor do coeficiente de retardamento ($\Phi = 0,2714$).

Uma vez determinado o valor do coeficiente de retardamento, da intensidade máxima de chuva, da área da seção e do coeficiente médio de escoamento superficial, chegou-se aos valores de vazão máxima, um valor para cada intensidade máxima de chuva, como pode ser observado na Tabela III a seguir:

Tab. III – Valores de Vazão Máxima.

Tempo de Retorno (Anos)	Intensidade Máxima de Chuva (mm/h)	Vazão Máxima (m ³ /s)
10	42.879	23.472
50	56.645	31.007
100	63.862	31.958
200	71.999	39.412

3.3. DETERMINAÇÃO DAS MANCHAS DE ALAGAMENTO

Foram inseridas todas as informações descritas anteriormente no programa Hec-Ras e como resultados para os tempos de retorno de 10, 50, 100 e 200 anos e foram obtidas manchas de alagamento em todo o curso do córrego Yung, como se pode observar na Figura 3 abaixo:

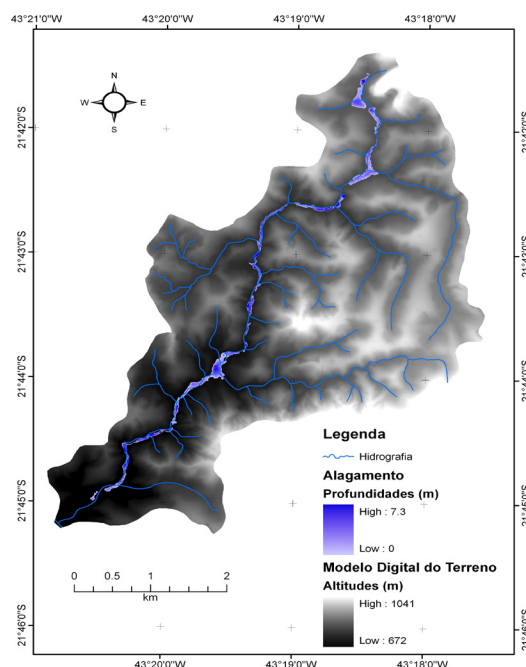


Fig. 3 – Bacia do Córrego Yung com as manchas de alagamento para o tempo de retorno de 200 anos

Comparando-se as manchas de alagamento com o mapa da bacia, percebe-se que as piores situações se encontram no terço superior e inferior do percurso do córrego. É possível notar que a parte inferior do curso do Córrego Yung se localiza no bairro Linhares, onde se encontram inúmeras residências, com uma densidade populacional bastante significativa. A região de Linhares, de acordo com a Prefeitura de Juiz de Fora, é composta por Linhares, Bom Jardim, Três Moinhos, Yung, Residencial Jardim das Flores e Recanto das Pedras, possui uma área de 521 hectares e, de acordo com o IBGE, em 2003, a densidade populacional era de 20,6 e a taxa de crescimento de 4,04%.

Os terços superior e médio não se encontram em regiões de grande densidade populacional, o problema maior se encontra na parte inferior, localizada no bairro Linhares. A população do bairro sofre constantemente com inundações na região.

4. CONCLUSÃO

A partir da metodologia utilizada neste trabalho, pode-se concluir que em algumas áreas ribeirinhas da região da bacia do Córrego Yung, em Juiz de Fora, há risco de alagamento.

Através das manchas de alagamento geradas foi possível observar que todo o percurso do Córrego Yung possui alguma possibilidade de ocorrência de enchente.

Os cursos superior e médio do percurso do córrego não apresentam grande densidade populacional, não sendo, portanto, uma situação alarmante. Porém, é recomendado que sejam tomadas medidas de planejamento preventivo no curso inferior, onde existe uma densidade populacional considerável, como no Bairro Linhares, para se evitarem os prejuízos que os alagamentos possam causar, caso ocorram as enchentes simuladas nos tempos de retorno de 10, 50, 100 e 200 anos descritas no estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Propesq-UFJF pela concessão da bolsa de Iniciação Científica BIC-UFJF.

FLOODING URBAN STUDY OF THE PARAIBUNA BASIN - CASE STUDY: YUNG STREAM IN JUIZ DE FORA

ABSTRACT

In recent years, due to accelerated urbanization process of cities, the problem of urban flooding has hit many cities in Brazil. These floods hamper the development of cities and scare the locals. Thus, this study aims to develop mapping studies of areas at risk of flooding, intending to contribute to the process of urban planning and management of water resources in the Paraibuna River Basin. Simulations were conducted using hydraulic and hydrological programs as Hec-Ras, Hec-GeoRas and ArcGis to map areas at risk of flooding within the Stream Yung Basin, sub-basin of Paraibuna River Basin, located in the municipality of Juiz de Fora, to assist city planning. The preparation of georeferenced databases was performed using the program Google Earth and elevation data from sensor "Lidar", provided by the Juiz de Fora city hall. As results, flooding spots were found along the course of stream Yung, for different flow rate scenarios. There was a greater intensity and extent of flooded areas in the upper part of the basin and lower intensity in the middle third, which is historically proven by the constant floods in the region of the Linhares neighborhood.

Keywords: Urban floods. Hydrologic modeling. Hydraulic modeling.

REFERÊNCIAS

CÂMARA, G. Desenvolvimento de Sistemas de Informação Geográfica no Brasil: Desafios e Oportunidades, Palestra proferida na Semana de Geoprocessamento do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Outubro de 1996.

FITZ, P. R. Cartografia Básica. La Salle Centro Universitário, Canoas/RS, 2000.

MELO, H. A. CUNHA J. E. B. L. NÓBREGA, R. L. B. RUFINO, I. A. A GALVÃO C. O. Modelos Hidrológicos e Sistemas de Informação Geográfica (SIG): integração possível. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2008.

MENDES, C. A. B. CIRILO, J. A. Geoprocessamento em Recursos Hídricos. **ABRH**: Porto Alegre, 2001.

MOTA, J. C. TUCCI, C. E. M. Simulation of the urbanization effect in flow. **Hydrological Sciences Journal**, V.29, n.2, June 1984.

PAIVA, J. B. D PAIVA, E. M. C. D. Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas. **Associação Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, 2001.

Plano de Drenagem de Juiz de Fora, Parte 1, Zona Norte, Minas Gerais 2011. Prefeitura de Juiz de Fora (PJF).

REIS, G. R. RIBEIRO C. B. M. Water Quality Management System for the Paraibuna Watershed, World Water Congress, Porto de Galinhas, Recife (PE), 2011.

SANTOS, M. Estradas reais: introdução ao estudo dos caminhos do ouro e dos diamantes no Brasil. **Editora Estrada Real**, Belo Horizonte, 2001.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. Inundações urbanas na América do Sul. Porto Alegre, **Associação Brasileira de Recursos Hídricos**, 2003.

TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. Editora Universidade/Universidade Federal do Rio Grande do Sul 2007.

VALENTE, O. F. Reflexões hidrológicas sobre inundações e alagamentos urbanos. **Cidades do Brasil**, ano 10, vol. 01, agosto 2009.